



Attorney Docket # 5367-47

Patent

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Stefan BADER et al.

Serial No.: 10/696,882

Filed: October 30, 2003

For: Method for Depositing a Material on a
Substrate Wafer

Mail Stop
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of each foreign application on which the claim of priority is based: Application No. **102 50 915.8**, filed on October 31, 2002, in Germany.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By Thomas Langer
Thomas Langer
Reg. No. 27,264
551 Fifth Avenue, Suite 1210
New York, New York 10176
(212) 687-2770

Dated: April 9, 2004



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 50 915.8

Anmeldetag: 31. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
Regensburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Abscheidung eines Materials
auf einem Substratwafer

IPC: H 01 L, C 30 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stark

Beschreibung

Verfahren zur Abscheidung eines Materials auf einem Substratwafer

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung eines Materials auf einem Substratwafer, insbesondere eines Halbleitermaterials auf einem SiC basierenden Substratwafer. Sie bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren, bei dem das abzuscheidene Material temperaturempfindlich ist.

10

Bei der Epitaxie auf SiC-Substratwafern erfolgt das Aufheizen des Substratwafers auf die Abscheidetemperatur hauptsächlich durch Kontakt und Wärmekonvektion. Da sich der Substratwafer während des Aufheizens üblicherweise krümmt, werden die Stellen, an denen Kontakt mit der Heizquelle gehalten wird, stärker aufgeheizt als die Stellen, die aufgrund der Krümmung nicht mehr in Kontakt mit der Heizquelle sind. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Erwärmung des Substratwafers. Da die Abscheidung einiger Materialien, insbesondere Halbleitermaterialien, hochgradig temperaturempfindlich ist, führen Temperatur-Inhomogenitäten auf der Wachstumsfläche zu großen Variationen in den Eigenschaften des abgeschiedenen Halbleitermaterials. Beispielsweise reicht ein Temperaturunterschied von 1°C bei der Epitaxie von AlInGaN aus, um erhebliche Variationen in der Emissionswellenlänge des abgeschiedenen AlInGaN zu verursachen. Eine solche breite Streuung der Emissionswellenlänge des Halbleitermaterials beeinträchtigt dann auch die Einheitlichkeit und daher die Qualität der fertigen Bauelemente.

15

20

25

30

35

Im Gegensatz dazu kann eine einheitlichere Temperatur auf der Wachstumfläche des Substratwafers durch Aufheizen über Wärmestrahlung erreicht werden. Im Falle eines SiC-Substratwafers kann Wärmestrahlung aber nicht benutzt werden, weil SiC im gesamten Spektralbereich oberhalb von etwa 400nm transpa-

rent ist und daher keine Strahlung in diesem Bereich absorbieren kann.

Um den Wärmeeintrag in einen Substratwafer bei der MBE (molecular beam epitaxy) zu verbessern, ist es bekannt Metallschichten auf der Rückseite des Substratwafers aufzubringen, die die Wärmestrahlung besser absorbieren können als der Substratwafer. Diese Methode führt zu einer engeren Temperaturverteilung auf dem Substratwafer und damit zu weniger Variationen in der Emissionswellenlänge des abgeschiedenen, temperaturempfindlichen Halbleitermaterials.

In der MOVPE (metal organic vapour phase epitaxy) wird bisher eine solche Metallschicht nicht verwendet, weil eine zusätzliche Schicht auf die Rückseite des Substratwafers möglicherweise zu Verunreinigungen im reaktiven Gasraum führt. Daher sind zur Zeit keine Maßnahmen für die MOVPE bekannt, die eine gleichmäßige Erwärmung des Substratwafers, insbesondere eines SiC-basierenden Substratwafers, ermöglichen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das beim Abscheiden eines Materials eine möglichst enge Temperaturverteilung auf der Wachstumsfläche eines Substratwafers erlaubt.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß vor dem Abscheiden eines Materials mittels eines MOVPE-Verfahrens eine Wärmestrahlungsabsorptionsschicht, die gute Absorption von Wärmestrahlung aufweist, auf eine Rückseite eines Substratwafers aufgebracht wird, die von der Wachstumsfläche des Substratwafers abgewandt ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Material für die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht ausgewählt, das während des Abscheidens nicht mit anderen im Reaktor vorhandenen Materialien reagiert. Das Beschichtungs-Material verhält sich vorzugsweise inert während des Abscheidens. Daher weist das

Beschichtungs-Material günstigerweise die folgenden Eigenschaften auf:

- Es reagiert nicht mit den Reaktanten bzw. Precursoren des abzuschcheidenden Materials, insbesondere nicht während des Abscheidens,
- Es reagiert nicht mit einem Trägermedium, das während des Abscheidens verwendet werden kann, z. B. mit einem Trägergas, das während eines MOVPE-Verfahrens benutzt wird, und/oder
- Es reagiert während des Abscheidens nicht mit anderen Verbindungen, die im Reaktorraum vorhanden sind, einschließlich der Reaktorraum-Materialien.

Vorzugsweise wird als Wärmestrahlungsabsorptionsschicht ein Material verwendet, das chemisch kompatibel mit dem Prozeß zur späteren Aufbringung eines Kontaktes und mit dem Kontaktmaterial selbst ist. Ein Kontakt wird üblicherweise auf der Rückseite des Substratwafers aufgebracht. Unter einem solchen kompatiblen Beschichtungs-Material wird u. a. ein Material mit den folgenden Eigenschaften verstanden:

- Das Beschichtungs-Material bildet während eines späteren Kontaktierungsprozesses keine Verbindungen, die den Prozeß verhindern oder erschweren, und/oder
- Das Beschichtungs-Material bildet während der Kontaktierung keine Verbindungen, die den fertigen elektrischen Kontakt negativ beeinflussen, z. B. die den elektrischen Widerstand des Kontakts erhöhen.

In einer weiteren Ausführungsform weist die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht ein Halbleitermaterial auf. Vorteilhafterweise ist der Abscheideprozess einer Halbleitermaterial aufweisenden Wärmestrahlungsabsorptionsschicht mit dem übrigen Verfahren kompatibel, d. h., die gleiche Vorrichtung kann verwendet werden, und das Abscheideverfahren und das übrige Verfahren können unter ähnlichen Bedingungen durchgeführt werden.

Günstigerweise wird in einer weiteren Ausführungsform eine Wärmestrahlungsabsorptionsschicht aus dotiertem Silizium eingesetzt. Vorzugsweise weist eine solche Wärmestrahlungsabsorptionsschicht eine Dotierung von mindestens $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ auf.

Wird hochdotiertes Silizium als Absorptionsschicht verwendet, muss diese Schicht vorteilhafterweise nicht entfernt werden. Es ist auch möglich, auf die Rückseite des Substrats die Kontaktmetallisierung aufzubringen und auf diese Kontaktmetallisierung dann die Absorptionsschicht. Falls die Kontaktmetallisierung und die Absorptionsschicht chemisch kompatibel sind, wird durch diese Vorgehensweise ein guter Kontakt unabhängig von der Wahl des Materials der Absorptionsschicht gewährleistet. In diesem Fall kann die Absorptionsschicht auf der Rückseite verbleiben (solange sie elektrisch leitend ist).

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird ein Substratwafer verwendet, der im wesentlichen aus SiC oder einem SiC-basierenden Material besteht. Darunter wird ein Substratwafer verstanden, das im Wesentlichen die Eigenschaften von SiC aufweist, insbesondere eine hohe Transparenz für Wärmestrahlung.

In einer weiteren Ausführungsform umfaßt das abzuscheidende Material ein Halbleitermaterial, insbesondere einen Halbleiter der Zusammensetzung $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$, wobei $0 \leq x+y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$.

In folgendem wird die Erfindung anhand von einem Ausführungsbeispiel in Verbindung mit den Figuren 1a bis c näher erläutert.

Es zeigen Figuren 1a bis c schematische Schnittdarstellungen einiger Verfahrensschritte eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit den selben Bezugszeichen versehen. Insbesondere die Dicke der Schichten ist in den Figuren zum besseren Verständnis nicht maßstabsgetreu dargestellt.

5

Figur 1a zeigt einen Substratwafer 1, der eine Wachstumsfläche 4 und eine der Wachstumsfläche 4 gegenüberliegenden Rückseite 5 aufweist. Der Substratwafer 1 hat beispielsweise die Form einer Scheibe. Andere Formen sind auch denkbar. Der Substratwafer 1 besteht beispielsweise aus SiC.

10

In Figur 1b wird eine Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 auf der Rückseite 5 des Substratwafers 1 aufgebracht. Beispielsweise wird die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 durch Sputtern aufgebracht. Sie kann zwischen 10 nm bis 20 μm dick sein. Die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 ist in diesem Beispiel 20 nm dick und besteht hier aus einem sehr hochdotierten (z. B. $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$) auf Silizium basierenden Material. Diese Schicht ist für den größten Teil der Wärmestrahlung absorbierend und bewirkt dadurch eine homogene Erwärmung des Substratwafers. Wie groß der Anteil der Wärmestrahlung ist, der absorbiert wird, ist vom Dotierungsniveau des Siliziums abhängig. Zusätzlich bildet eine Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 auf der Basis dotierten Siliziums einen nur geringen ohmschen Widerstand für den später aufzubringenden Kontakt.

15

20

25

30

Andere Halbleitermaterialien sowie nicht halbleitende vorzugsweise aber nicht metallische Materialien oder eine Mischung dieser können auch als die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 vorgesehen werden.

35

Nach dem Aufheizen des Substratwafers 1 auf die Abscheidetemperatur, wird beispielsweise AlInGaN durch ein MOVPE-Verfahren auf die Wachstumsfläche 4 des Substratwafers 1 abgeschieden (siehe Figur 1c). Entsprechende Untersuchungen der Erfinder haben gezeigt, daß eine dotierte Si-Schicht im MOVPE-

Reaktionsraum den Abscheideprozeß nicht nachteilig beeinflußt.

Erfindungsgemäß kann eine solche Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 auch dann eingesetzt werden, wenn zur Abscheidung des Materials 3 ein MBE-, CVD-Verfahren (Chemical Vapour Deposition) oder ein anderes bekanntes Abscheideverfahren durchgeführt wird. Eine enge Temperaturverteilung auf dem Substratwafer 1, die durch die Verwendung einer Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 auf der Rückseite des Substratwafers in Verbindung mit einer Strahlungsquelle erreicht wird, ist nicht nur auf ein MOVPE-Verfahren eingeschränkt. Eine solche nichtmetallische und insbesondere halbleitende Wärmestrahlungsabsorptionsschicht 2 kann auch in anderen Abscheideverfahren verwendet werden, um durch eine gleichmäßigere Erwärmung und damit eine engere Temperaturverteilung bessere Ergebnisse zu erzielen.

Auch andere Halbleitermaterialien sowie nicht halbleitende Materialien können vorteilhafterweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren abgeschieden werden. Dies gilt besonders für Materialien, deren Eigenschaften je nach verwendeter Abscheidetemperatur unterschiedlich sind.

In Untersuchungen haben die Erfinder auch festgestellt, daß die herkömmlichen Prozesse zur Kontaktierung eines SiC-Substratwafers mit einer Wärmestrahlungsabsorptionsschicht aus dotiertem Silizium kompatibel sind und ohne spezielle Anpassung eingesetzt werden können.

Wird (vorzugsweise hochdotiertes) Silizium als Absorptionsschicht verwendet, muss diese Schicht nicht entfernt werden. Es ist auch möglich, auf die Rückseite des Substrats die Kontaktmetallisierung aufzubringen und auf diese Kontaktmetallisierung dann die Absorptionsschicht. Falls die Kontaktmetallisierung und die Absorptionsschicht chemisch kompatibel sind, wird durch diese Vorgehensweise ein guter Kontakt

unabhängig von der Wahl des Materials der Absorptionsschicht gewährleistet. In diesem Fall kann die Absorptionsschicht auf der Rückseite verbleiben (solange sie elektrisch leitend ist).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung eines Materials (3) auf einem Substratwafer (1) mit den folgenden Verfahrensschritten:

5

(a) Bereitstellen des Substratwafers (1), welcher eine Wachstumsfläche (4) aufweist, die für eine spätere Materialabscheidung vorgesehen ist,

10

(b) Aufbringen einer Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2), die eine gute Absorption von Wärmestrahlung aufweist, auf der Rückseite (5) des Substratwafers (1), welche von der Wachstumsfläche (4) abgewandt ist,

15

(c) Aufheizen des Substratwafers (1) auf die Abscheidetemperatur,

20

(d) Abscheiden eines Materials (3) durch ein MOVPE-Verfahren auf die Wachstumsfläche (4) des Substratwafers (1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das abzuscheidende Material (3) ein Halbleitermaterial ist.

25

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das abzuscheidende Material (3) zumindest eine Schicht aus $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ umfaßt, wobei $0 \leq x+y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ gelten.

30

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem ein Substratwafer eingesetzt wird, der im Wesentlichen SiC oder ein SiC-basierendes Material umfaßt.

35

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem als Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) ein Material oder eine Materialmischung aufgebracht wird,

das/die sich während des Abscheideverfahrens gemäß Verfahrensschritt (d) inert verhält.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem als Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) ein Material oder eine Materialmischung aufgebracht wird,
das/die kompatibel mit dem Material und/oder dem Kontaktierungsprozess eines später aufzubringenden, elektrischen Kontaktes ist.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem gemäß Verfahrensschritt (b) die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) mittels Sputtern aufgebracht wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem eine dotierte Si-Schicht, insbesondere eine hochdotierte Si-Schicht als Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) verwendet wird.
- 20 9. Verfahren nach Anspruch 8,
bei dem die Si-Schicht in einer Dicke aufgebracht wird, die zwischen einschließlich 10 nm und 20 μm liegt.
- 25 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
bei dem die Si-Schicht eine Dotierung von zumindest $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ aufweist.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem das Aufheizen gemäß Verfahrensschritt (c) im Wesentlichen mittels Wärmestrahlung erfolgt.
- 35 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem im Verfahrensschritt (c) eine Heizquelle verwendet wird, die Wärmestrahlung eines Spektralbereichs erzeugt, für den die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) gute Strahlungsabsorption aufweist.

Zusammenfassung

Verfahren zur Abscheidung eines Materials auf einem Substratwafer

5

10

15

20

Das Abscheiden von Material (3) auf einer Wachstumsfläche (4) kann sehr temperatur-empfindlich sein. Um Temperatur-Inhomogenitäten auf der Wachstumsfläche (4) eines Substratwafers (1) zu reduzieren, wird eine Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) auf einer der Wachstumsfläche (4) gegenüberliegenden Rückseite (5) des Substratwafers (1) aufgebracht. Die Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) weist gute Strahlungsabsorption im Spektralbereich einer Heizquelle auf. Da das Abscheiden von Halbleitermaterialien, insbesondere AlInGaN, zu (je nach Abscheidetemperatur) unterschiedlichen Emissionswellenlängen des abgeschiedenen Materials führen kann, kann der Einsatz einer Wärmestrahlungsabsorptionsschicht (2) eine engere Emissionswellenlänge-Verteilung des abgeschiedenen Material (3) ergeben.

(Figur 1c)

Figure 1a)

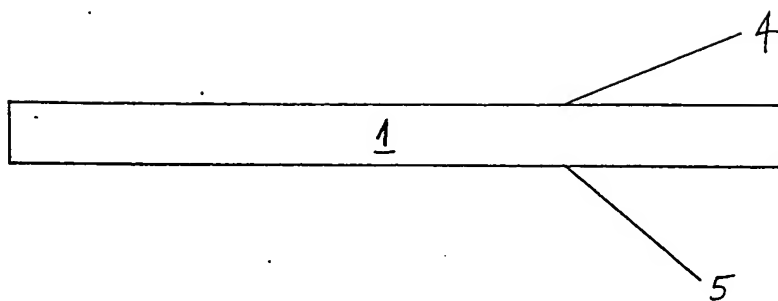


Figure 1b)

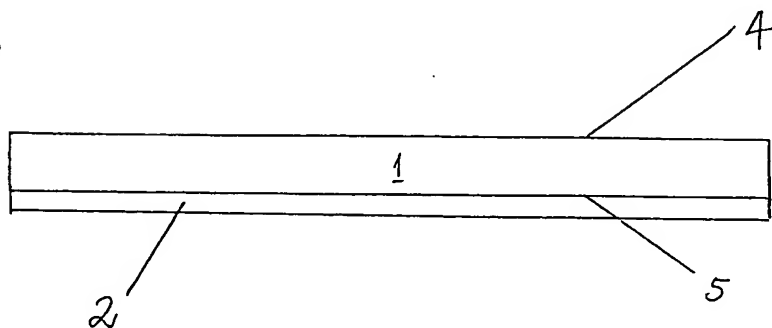


Figure 1c)

